

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-88490

(43) 公開日 平成8年(1996)4月2日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup> 識別記号 庁内整理番号 F 1 技術表示箇所  
H 0 5 K 7/20 H  
F 2 5 D 1/00 B  
F 2 8 D 15/02 L

H 0 1 L 23/ 46

B

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-224654

(22) 出願日 平成6年(1994)9月20日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 健

茨城県勝田市市毛1070番地 株式会社日立  
製作所水戸工場内

(72) 発明者 鈴木 敦

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

(72) 発明者 加藤 千幸

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内

(74) 代理人 弁理士 鶴沼 辰之

最終頁に続く

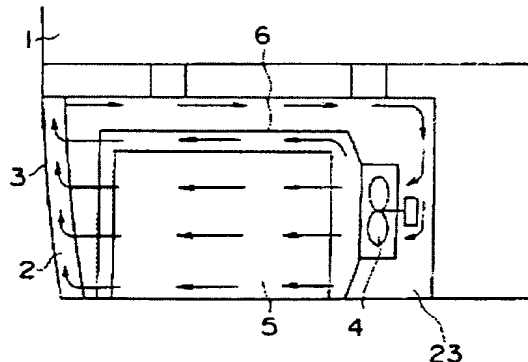
(54) 【発明の名称】 車両制御装置用冷却装置

(57) 【要約】

【目的】 車両制御装置用冷却装置の小型軽量化が可能であるとともに、汚損を嫌う電気電子部品を密閉状態のまま効率良く冷却できる車両制御装置用冷却装置を提供する。

【構成】 清浄な空気のもとに設置すべきゲートドライブ装置5が車体1の床下の密閉室23内に収納されている。そして、本車両制御装置用冷却装置は、密閉室23内の空気を外気へ露出している側部壁面3へ供給する送風機4およびダクト6と、側部壁面3に取り付ける平板フィン2を有している。

【効果】 車両制御装置用冷却装置の消費電力を低減することができる。



- 1: 車体
- 2: 平板フィン
- 3: 側部壁面
- 4: 送風機
- 5: ゲートドライブ装置
- 6: ダクト
- 23: 密閉室

【特許請求の範囲】

【請求項1】 発熱する複数の電気電子部品からなる車両制御装置を冷却する車両制御装置用冷却装置において、前記電気電子部品の一部が収納されている密閉室の内部に、前記電気電子部品の発熱によって温度上昇した空気を筐体の内壁面へ供給する送風機及び送風流路を設置したことを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

【請求項2】 請求項1記載の車両制御装置用冷却装置において、前記送風機によって筐体内の空気が供給される壁面の外側の面が、車体における外気への露出面と、車両制御装置内への外気の吸排気流路の一部を形成する面とのうちの少なくとも一つであることを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

【請求項3】 請求項1又は2記載の車両制御装置用冷却装置において、筐体内の空気が供給される壁面に、フィンが取り付けられていることを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

【請求項4】 発熱する複数の電気電子部品からなる車両制御装置を冷却する車両制御装置用冷却装置において、前記電気電子部品の一部が収納される密閉室の内面にヒートパイプの放熱端側を取り付け、前記ヒートパイプの吸熱端側を前記電気電子部品の近傍に配置したことを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

【請求項5】 請求項4記載の車両制御装置用冷却装置において、ヒートパイプの放熱端側が取り付けられる壁面に、断面がヒートパイプの半径と同じ半円状の溝を形成し、前記溝に前記ヒートパイプの放熱端側が密着して取り付けられていることを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

【請求項6】 請求項1、2、3、4又は5記載の車両制御装置用冷却装置において、車両制御装置の保守点検の際に開閉する点検カバーを密閉室の壁面の一部分に設け、かつ、この点検カバーの内面にフィンとヒートパイプとのうちの少なくとも一つが取り付けられていることを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

【請求項7】 請求項1、2、3、4、5又は6記載の車両制御装置用冷却装置において、前記電気電子部品の一部が収納される密閉室の壁面の一部は、車両運行時において空気が強制的に供給される壁面であるか又は前記壁面の表面上を空気が通過することを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

【請求項8】 請求項1、2、3、4、5又は6記載の車両制御装置用冷却装置において、前記車両制御装置用冷却装置をボディマウント方式で車両床下に配置したことを特徴とする車両制御装置用冷却装置。

電子部品を、塵埃や水分等のない清浄な環境下に設置する必要のある車両制御装置に好適な車両制御装置用冷却装置に関する。

【0002】

【従来の技術】車両用電動機の制御装置、例えばインバータ方式の制御装置は、電流スイッチング用半導体素子（例えばGTO、IGBTなど）、リアクトル、抵抗器、ゲートドライブ装置等により構成される。これら構成部品は作動時に発熱する。特にスイッチング用半導体素子は発生熱量が大きく、この発熱を外部に放熱するための放熱器を備えている。この中で、前記放熱器やリアクトル、抵抗器等は、電動機の大出力化、制御装置の小型軽量化に伴い、送風機を用いて強制空冷することが多い。

【0003】また、スイッチング用半導体素子自身や、集積回路などを多用しているゲートドライブ装置は、信頼性を確保するために清浄な空気のもとに設置する必要がある。そのため、これらの部品群は、塵埃あるいは水分等の侵入のないように、密閉室の内部に収納される。ここで、この密閉室内に収納される部品群の発熱量が大きい場合は、これら発熱部品の冷却が問題となる。つまり、密閉室内の空気の温度上昇を小さくするためには、密閉室内の空気と外気の間に熱交換手段を用意する必要がある。

【0004】一方、制御装置を含む電気機器類は、一般に車体床下に設置されている。ここで、高速車両においては、低重心化および軽量化の観点から、車両の床下機器を一括して車体上部の形状に添って平滑に覆う、いわゆるボディマウント方式が必要とされている。特開昭57-87158号公報には、車両制御装置用冷却装置において、密閉室内に熱交換器を設置し、強制空冷に用いる送風機による外気と、密閉室内の送風機による筐体内の循環空気とを熱交換器へそれぞれ導く車両制御装置用冷却装置が記載されている。これにより、密閉箱内部の発熱は熱交換器を介して外気へ放出され、密閉室内の温度を小さく押さえることが可能である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上述の従来の車両制御装置用冷却装置では、車両制御装置を構成する電気電子部品の一部が信頼性を確保するために外部との空気の出入りのない密閉室内に収納されるので、その電気電子部品を効率良く冷却することが困難であった。また、その電気電子部品を冷却するために大型の送風機等を設けなければならず、車両制御装置用冷却装置全体の大型化及び消費電力の増大を招いていた。

【0006】そこで、本発明は、車両制御装置用冷却装置の小型軽量化が可能であるとともに、密閉室内に収められた電気電子部品群を極めて効率良く冷却することができる車両制御装置用冷却装置を提供することを目的とする。

【0007】

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、鉄道車両等における電動機等を制御する車両制御装置を冷却する車両制御装置用冷却装置に関し、特に、車両制御装置を構成する電気

【課題を解決するための手段】本発明の車両制御装置用冷却装置は、発熱する複数の電気電子部品からなる車両制御装置を冷却する車両制御装置用冷却装置において、前記電気電子部品の一部が収納されている密閉室の内部に、前記電気電子部品の発熱によって温度上昇した空気を筐体の内壁面へ供給する送風機及び送風流路を設置したことを特徴とする。

【0008】また、本発明の車両制御装置用冷却装置は、前記送風機によって筐体内の空気が供給される壁面の外側の面が、車体における外気への露出面と、車両制御装置内への外気の吸排気流路の一部を形成する面とのうちの少なくとも一つであることが好ましい。

【0009】また、本発明の車両制御装置用冷却装置は、筐体内の空気が供給される壁面に、フィンが取り付けられていることが好ましい。

【0010】また、本発明の車両制御装置用冷却装置は、発熱する複数の電気電子部品からなる車両制御装置を冷却する車両制御装置用冷却装置において、前記電気電子部品の一部が収納される密閉室の内面にヒートパイプの放熱端側を取り付け、前記ヒートパイプの吸熱端側を前記電気電子部品の近傍に配置したことを特徴とする。

【0011】また、本発明の車両制御装置用冷却装置は、ヒートパイプの放熱端側が取り付けられる壁面に、断面がヒートパイプの半径と同じ半円状の溝を形成し、前記溝に前記ヒートパイプの放熱端側が密着して取付けられていることが好ましい。

【0012】また、本発明の車両制御装置用冷却装置は、車両制御装置の保守点検の際に開閉する点検カバーを密閉室の壁面の一部に設け、かつ、この点検カバーの内面にフィンとヒートパイプとのうちの少なくとも一つが取り付けられていることが好ましい。

【0013】また、本発明の車両制御装置用冷却装置は、前記電気電子部品の一部が収納される密閉室の壁面の一部は、車両運行時において空気が強制的に供給される壁面であるか又は前記壁面の表面上を空気が通過することが好ましい。

【0014】また、本発明の車両制御装置用冷却装置は、前記車両制御装置用冷却装置をボディマウント方式で車両床下に配置することが好ましい。

【0015】

【作用】本発明によれば、密閉室内の電気電子部品からの発熱によって暖められた空気は、筐体内部に設置された送風機によって外気に接するかあるいは外気の吸排気流路の一部を形成している部分の筐体の内壁面に強制的に供給される。このとき、電気電子部品から発生した熱の大部分は、この壁面へ移動する。この壁面の内側の熱伝達率は、空気が強制的に供給されているため、自然対流下における熱伝達率に比べ大幅に向上している。

【0016】一方、この壁面の外側、つまり外気に接す

るかあるいは外気の吸排気流路の一部を形成している部分は、車両の走行風あるいは送風機の吸い込みや吹き出しによって空気が壁面上を強制的に移動するため、この壁面の外側の熱伝達率は、やはり自然対流下における熱伝達率に比べ大幅に向上している。

【0017】以上の構成から、密閉室内で発生した熱の大部分は送風機により前記壁面へ移動し、かつ前記壁面は内外面共に熱伝達率が良好であるため、筐体内の熱が効率よく外部へ移動して、筐体内の空気を汚損することなく効率の良い冷却が可能となる。

【0018】さらに、本発明によれば、送風機によって空気が供給される面にフィンを取り付けることで、筐体の壁面面積を基準にした場合の熱伝達率をさらに向上させることができるので、密閉室内の電気電子部品のさらに効率の良い冷却が可能となる。

【0019】さらにまた、本発明によれば、筐体の壁面内側にヒートパイプを取り付けることで、発熱によって温度上昇した空気を直接壁面へ供給する場合に比べ、より少ない動力、あるいは動力を用いることなく外側の熱伝達率の良好な壁面へ熱を移動することが可能となり、冷却に用いる装置の消費電力を低減あるいは無くすることが可能となる。

【0020】さらにまた本発明によれば、フィンまたはヒートパイプが取り付けられる壁面あるいは壁面の一部を、制御装置の保守点検の際に使用する点検カバーと共有することで、従来、点検用スペースとして電気電子部品を設置できなかった空間にこれら熱交換手段を設置することが可能となり、車両制御装置用冷却装置全体の小型軽量化が可能となる。

【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0022】図1は、本発明の第1実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。また、図2は、図1に示す車両制御装置用冷却装置の平面図である。本実施例の車両制御装置用冷却装置は、発熱する複数の電気電子部品からなる車両制御装置であるゲートドライブ装置5を冷却するものである。ゲートドライブ装置5が収納されている密閉室23の内部には、ゲートドライブ装置5における電気電子部品の発熱によって温度上昇した空気を側部壁面3へ供給する送風機4と、送風流路であるダクト6が設けられている。

【0023】そして、密閉室23ならびに通気室24は、車体1の床下部に、車両制御装置の一部として設置されている。密閉室23には、清浄な空気のもとに設置される必要のある発熱電気電子部品群、ここではゲートドライブ装置5が収納される。また、密閉室23には、半導体素子7が収納される。ここで半導体素子7とは、例えばGTOサイリスタや、IGBTのことである。

【0024】密閉室23内の外気に露出している側部壁

面3の内側には、平板フィン2が垂直に取り付けられている。また、この平板フィン2に密閉室23内の空気が供給されるように、送風機4とダクト6が、仕切板15を介してゲートドライブ装置5と、半導体素子7におのおの設置されている。

【0025】一方、通気室24には、密閉室23内に収納されている発熱電気電子部品群であるゲートドライブ装置5に比べ、塵埃や水分等により汚損された空気のもとに設置されることで信頼性が大きく低下しない電気電子部品群、ここでは、リアクトル10、半導体素子7の冷却用放熱器11、抵抗器12などが収納されている。半導体素子7とその放熱器11は近接して配置されるため、密閉室23ならびに通気室24は図2に示すように仕切板14を用いて仕切られるので、隣接して配置されている。通気室24は外気を取り込んで強制的に冷却する構造である。具体的には、送風機8とダクト18が設置され、吸い込み口にフィルタ9、吐き出し口にルーバ13がそれぞれ取り付けられている。

【0026】次に、本実施例の車両制御装置用冷却装置の動作について説明する。まず、通気室24内の発熱電気電子部品の冷却作用について説明する。通気室24内の発熱電気電子部品、ここではリアクトル10、放熱器11、抵抗器12は、送風機8がフィルタ9を介して外気を吸い込み、ダクト18に沿って強制的に流れる空気によってこれら発熱電気電子部品は冷却される。吸い込んだ空気はルーバ13を介して再び外気へ放出される。ここで吸い込んだ空気は仕切板14があるため、密閉室23内にはこの外気は侵入しない。

【0027】次に、密閉室23内の発熱電気電子部品の冷却作用について説明する。密閉室23内の発熱電気電子部品は、ここではゲートドライブ装置5と、半導体素子7である。なお、半導体素子7に関しては、前述のように専用の放熱器11が設置されており、半導体素子7からの発熱の大部分はこの放熱器11を介して放熱されるが、ここでは半導体素子の表面等から密閉室23内への発熱について考えている。

【0028】前述の発熱電気電子部品から発生した熱の大部分は、密閉室内の空気を介して密閉室の壁面へ移動する。具体的には、密閉室内の発熱によって暖められた空気が、送風機4とダクト6により外気へ露出している側部壁面3の内面に強制的に供給される。側部壁面3の内面には平板フィン2が取り付けられている。つまり、側部壁面3は、フィン2によって伝熱面積が拡大され、かつ空気が強制的に供給されている。

【0029】これにより、壁面面積を基準とした熱伝達率は、密閉室23の他の壁面に比べて大きなものとなるので、側部壁面3の温度を基準とした場合の空気の温度上昇は小さくなる。

【0030】一方、このようにして側部壁面3に移動した熱は、最終的に側部壁面3の外気に接している面から

外気へ放出される。ここで側部壁面3の外側の面は、外気に露出しているため、走行風により熱伝達率が密閉室23の外気へ露出していない面に比べ大きくなり、外気温度を基準とした場合の側部壁面の温度上昇は小さいものとなる。

【0031】以上をまとめると、密閉室23内の発熱電気電子部品群からの発熱は、内面外面ともに熱伝達率の大きい側部壁面3を介して外気へ放出されるため、密閉室23内の空気の温度上昇は外気温度を基準として小さく、また発熱電気電子部品群は外気に接することがないので、信頼性が高く、かつ高効率な冷却を本実施例の車両制御装置用冷却装置は可能としている。

【0032】図3は、本発明の第2実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。本実施例の特徴は、送風機4を側部壁面3に近い位置に設置した点である。これにより、送風機の吐き出し部の流れの乱れによって熱伝達が促進される。

【0033】図4は、本発明の第3実施例に係る車両制御装置用冷却装置における密閉室の側部壁面部分を示す平面図である。また、図5は、図4に示す底部壁面部分の正面図であり、図6は、図4に示す底部壁面部分の斜視図である。本実施例の特徴は、側部壁面3に取り付けるフィンを前述の平板フィン2の代わりにピンフィン17とした点である。このようにフィンの種類は循環のための流路を妨げない構造であれば、様々な形態を採用することができる。

【0034】図7は、本発明の第4実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。本実施例の特徴は、外気へ露出した面として側部壁面3以外に底部壁面17を用い、送風機4を密閉室23の上部に設置し、ダクト6に沿って前記した2つの壁面へ空気を供給する構造とした点である。底部壁面17は太陽からの輻射による壁面への熱の侵入が側部壁面3に比べ小さいため太陽からの輻射の影響が無視できない場合に有効である。また、本構造において、底部壁面17からの放熱で十分冷却できる場合には、必ずしも側部壁面3に空気を供給する必要はない。

【0035】図8は、図7に示す車両制御装置用冷却装置における密閉室の側底部壁面部分を示す斜視図である。これは図7に示した構造において、側部壁面3にダクト25を取り付けたものである。

【0036】図9は、本発明の第5実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。本実施例では、ヒートパイプ20の吸熱端部に平板フィン2を取付けこの平板フィン2が垂直となるようにゲートドライブ装置5の上部にヒートパイプ20を設置してある。さらに、ヒートパイプ20の放熱端部は密閉室23の側部壁面3の内面に取付けてある。

【0037】この構成によるとゲートドライブ装置からの発熱は空気の自然対流により平板フィン2を介してヒ

ートパイプ20に移動し、さらにこの熱は極めて小さい温度差で側部壁面3に移動する。このように送風機等による動力を用いずに発生熱を熱伝達率の良い壁面へ移動させ、高効率な冷却が可能になる。なお、この構造において、平板フィン2の熱伝達率を向上させるために送風機やダクトを設置することもできる。

【0038】図10は、図9に示す車両制御装置用冷却装置におけるヒートパイプ周辺を示す拡大斜視図である。側部壁面3の内側にヒートパイプ20の半径に等しい半円状の溝26を形成してある。この溝にはヒートパイプ20を熱伝導グリース27等を介して埋め込み、固定具28で密着させている。これにより、ヒートパイプ20の有効な伝熱面積を大きくすることができる。ここで、ヒートパイプと溝の間は半田充填でもよい。

【0039】図11は、本発明の第6実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。また、図12は、図11に示す車両制御装置用冷却装置のレール方向の断面図である。本実施例においては、通気室24内の送風機8が吸い込む外気が車体1と密閉室23との間の空間から入る構造とし、密閉室23の上部壁面19を介してヒートパイプ20を取り付けている。このとき、密閉室23内の空気は、送風機4によって平板フィン2の取り付けられたヒートパイプ20の密閉室内側の部分に供給される。一方、やはり平板フィン2が取り付けられたヒートパイプ20の密閉室外側の部分には、通気室24内の送風機8が吸い込む外気が供給される。この構造では、直接外気と接していない壁面を有効に冷却に利用できる。

【0040】図13は、本発明の第7実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。本実施例では、図11の構造において、ヒートパイプ20を全て密閉室内に収納し、ヒートパイプの放熱部を上部壁面19に取り付けている。この構造によれば、上部壁面19は外気流路の一部を形成しているため熱伝達率が大きく、高効率な冷却が可能となる。

【0041】図14は、本発明の第8実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。本実施例では、図12の構造において、ヒートパイプ20の代わりに平板フィン2を上部壁面19に取り付けている。この構造によれば、より低コストの車両制御装置用冷却装置を提供することができる。

【0042】図15は、本発明の第9実施例に係る車両制御装置用冷却装置における密閉室23の側部壁面付近の枕木方向断面の拡大図である。また、図16は、図15において点検蓋を開けた状態を示す断面図である。本実施例では、外部から開閉可能な点検蓋21が側部壁面に設置されている。

【0043】そして、図15が点検蓋が閉じた状態であり、図16が点検蓋21を開けた状態のものを示している。この点検蓋21は、密閉室の側部壁面の機能を果た

し、これに平板フィン2が取り付けられている。

【0044】この構造によれば、従来保守点検用に確保してある空間にフィンを配置することが可能であり、より小型な車両制御装置用冷却装置を提供することができる。このような点検蓋は底面の点検蓋に対しても有効であり、また、保守点検用に確保してある空間を有効利用するという観点から、点検蓋21に取り付けるものは、フィン以外に、ヒートパイプを始めとした他の熱交換手段であってもよい。

【0045】図17、図18及び図19は、本発明の実施例の実製品への適用を示す図である。そして、図17は、本発明の車両制御装置用冷却装置を搭載した箱枠を示す平面図である。この例では、密閉室23と通気室24が構成単位となるユニットが複数、本図では3つ箱枠22内に搭載されている。このように本発明の車両制御装置用冷却装置は電気電子部品を収納する箱枠の一部を占めている。

【0046】図18は、本発明の車両制御装置用冷却装置を搭載した車両を示す枕木方向の断面図である。この例では、箱枠22は車体1の外表面形状に沿って滑らかな形状を有し、底面は平滑化されているいわゆるボディマウント方式を採用している。このようなボディマウント方式においては、密閉室の壁面の一部が車体外表面に露出する構造が容易に可能であるため、本発明の効果がより顕著に表れるものである。

【0047】図19は、本発明の車両制御装置用冷却装置を搭載した車両の他の例を示す枕木方向の断面図である。この例も図18の例と同様に、鉄道車両において、本発明の車両制御装置用冷却装置が取り付けられている部分の断面図の一例である。本例では、車両制御装置用冷却装置が車体の床に対して上側に搭載されている。これは床下の空間を乗客用のスペースとして確保する必要がある二階建て車両の場合に有効である。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、車両制御装置をなす電気電子部品の発熱によって温度上昇した空気を筐体の内壁面へ供給する送風機及び送風流路等を設けたので、車両制御装置用冷却装置の小型軽量化が可能であるとともに、密閉室内に収められた電気電子部品群を極めて効率良く冷却することができる車両制御装置用冷却装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。

【図2】図1に示す車両制御装置用冷却装置の平面図である。

【図3】本発明の第2実施例に係る車両制御装置用冷却装置の枕木方向の断面図である。

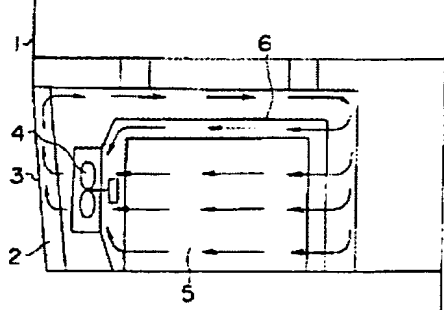
【図4】本発明の第3実施例に係る車両制御装置用冷却装置における密閉室の側部壁面部分を示す平面図であ

【図19】本発明の車両制御装置用冷却装置を搭載した車両の他の例を示す枕木方向の断面図である。

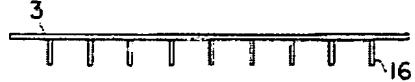
- 1 車体
- 2 平板フィン
- 3 側部壁面
- 4 送風機
- 5 ゲートドライブ装置
- 6 ダクト
- 7 半導体素子
- 8 送風機
- 9 フィルタ
- 10 リアクトル
- 11 放熱器
- 12 抵抗器
- 13 ルーバ
- 14 仕切板
- 15 仕切板
- 16 ピンフィン
- 17 底部壁面
- 18 ダクト
- 19 上部壁面
- 20 ヒートパイプ
- 21 点検蓋
- 22 箱枠
- 23 密閉室
- 24 通気室
- 25 ダクト
- 26 溝
- 27 熱伝導グリース
- 28 固定具

- 1: 車体
- 2: 平板フィン
- 3: 側部壁面
- 4: 送風機
- 5: ケントドライバ設置
- 6: ダクト
- 23: 空調室

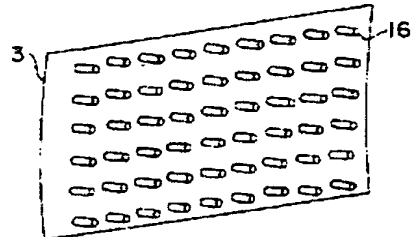
【図3】



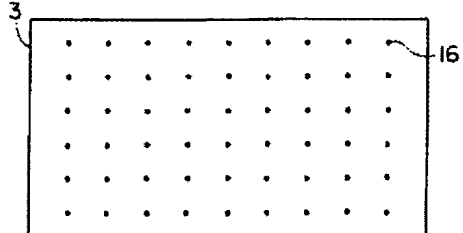
【図4】



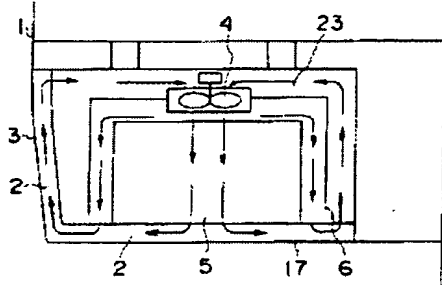
【図6】



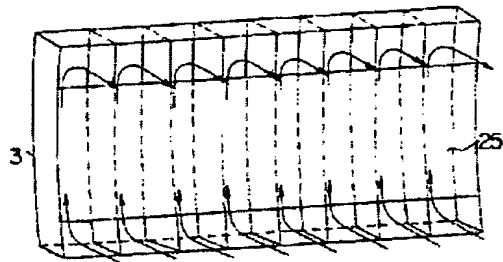
【図5】



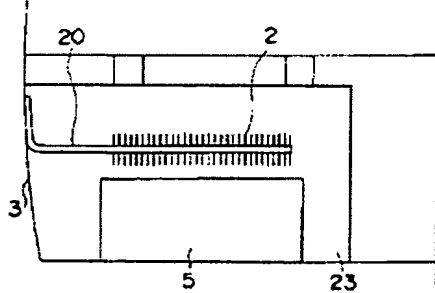
【図7】



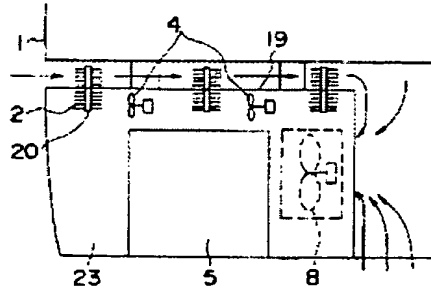
【図8】



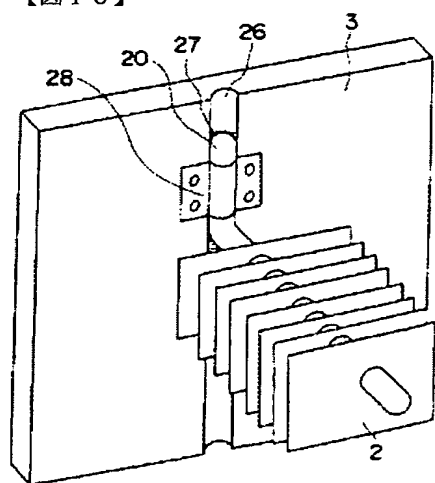
【図9】



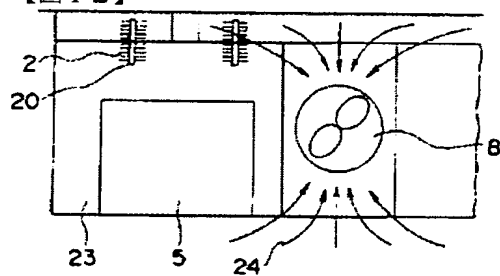
【図11】



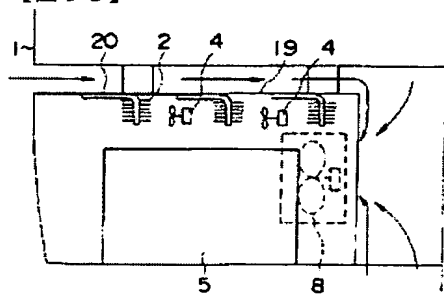
【図10】



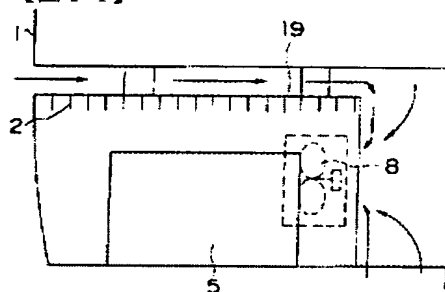
【図12】



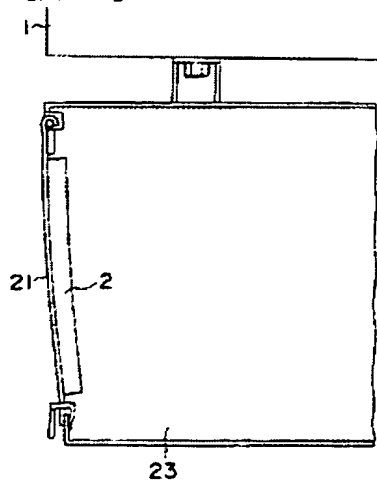
【図13】



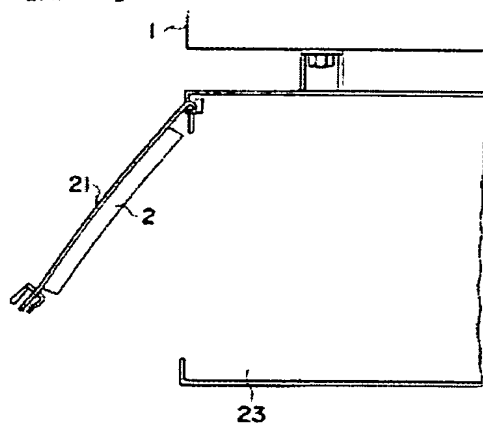
【図14】



【図15】

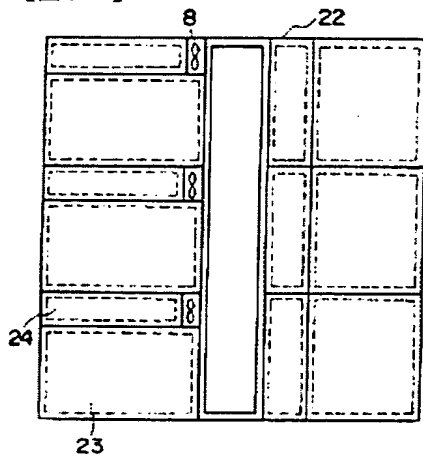


【図16】

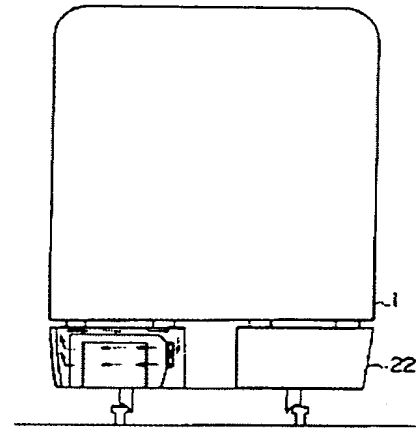




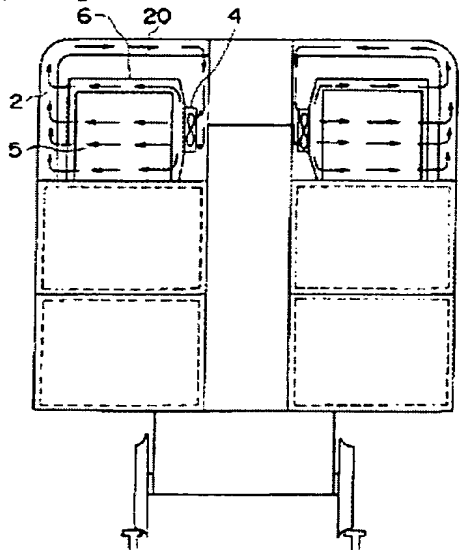
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H01L 23/427  
23/467

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(72) 発明者

藤岡 和正

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者

桑原 平吉

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 近藤 久  
茨城県勝田市市毛1070番地 株式会社日立  
製作所水戸工場内